

07 1 6 4 7 9 -1

На правах рукописи



ДЕМИТРОВА Ирина Павловна

**ВЛИЯНИЕ ГЕЛИОФИЗИЧЕСКИХ, КЛИМАТИЧЕСКИХ
И БИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ
ПРИРОСТ ЕЛИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

03.00.16 - Экология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Казань - 2000

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000375339

Работа выполнена в Марийском государственном техническом университете

Научный руководитель - **Кречетова Нина Владимировна**
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Официальные оппоненты: **Ловелиус Николай Владимирович**
доктор биологических наук, профессор,
вице-президент Петровской академии
наук и искусств, академик,
ведущий научный сотрудник
Ботанического института РАН

Краснобаева Клавдия Владимировна
кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник Тат.ЛОС
ВНИИЛМ

Ведущая организация – Марийский государственный университет

Защита состоится 31 мая 2000г. в 13 ч.
на заседании диссертационного совета К 053.29.24
при Казанском государственном университете по адресу:
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18.

Ваши отзывы в двух экземплярах с заверенными подписями просим
направлять по адресу диссертационного совета К 053.29.24.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанского
государственного университета.

Автореферат разослан _____ 2000г.

Ученый секретарь диссертационного совета -
кандидат химических наук, доцент



Г.А. Евтюгин.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Еловые древостои выполняют важную роль в растительном сообществе и имеют огромное хозяйственное значение благодаря распространению в широком диапазоне эколого-климатических условий. Высокий спрос на древесину на отечественном и мировом рынках и увеличивающийся антропогенный прессинг привели к значительному сокращению за последние десятилетия лесных земель Среднего Поволжья, занятых елью. В настоящее время остро стоит проблема сохранения и воспроизводства еловых лесов, имеющих большое значение для стабилизации лесных биосистем и сохранения их устойчивого разнообразия. Изучение связи древесных растений со средой и условиями обитания в пространстве и времени, получение достоверной информации об их реакции на изменение климата необходимо и является важной проблемой экологии, о чем свидетельствуют постановления коллегии Федеральной службы лесного хозяйства России (1998) и решения Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), (Нью-Йорк, 1997). Современные методы математического моделирования с использованием ЭВМ позволяют адекватно отражать процессы строения и роста елей, организовывать ретроспективный мониторинг. Не решенной по настоящий момент остается задача оценки структуры елового древостоя по признакам древесины, а также оценка изменчивости радиального роста деревьев, составляющих древостой, под влиянием внешних и внутренних факторов применительно к конкретным климатическим условиям Марийского Заволжья в зоне интрогрессивной гибридизации ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst. (*Picea excelsa* (Lam.) Link.)).

Целью исследования является установление связей между количественными параметрами элементов годичного слоя ели и комплексом внешних (гелиофизических и климатических) и внутренних (биологических) факторов, под влиянием которых происходит формирование радиального прироста отдельных деревьев и структуры древостоя в целом.

Основные задачи исследования:

1. Определение степени варьирования ранней и поздней зон годичных колец древесины ели, цикличности их приростов, влияния экспозиции на динамику радиального прироста.
2. Выявление влияния возраста на радиальный прирост отдельных деревьев ели и структуру всего древостоя.
3. Анализ гелиофизических, климатических факторов и их влияния на формирование радиального прироста ели в условиях Среднего Поволжья.

4. Сравнительно-анатомический анализ количественных характеристик элементов древесины ели (трахеид, древесинных лучей, смоляных ходов) в связи с семеношением.

На защиту выносятся:

1. Отдельные особи или группы особей, образующие древостой, характеризуются асинхронностью ритма роста и неоднородностью восприятия воздействующих факторов.
2. Комплекс климатических факторов, влияющих на прирост ранней и поздней древесины, различен для групп деревьев, составляющих древостой. Наибольшее значение в условиях Марийского Заволжья для радиального прироста ели в изучаемых типах леса имеет влагообеспеченность.
3. Репродуктивные процессы влияют на макро- и микроструктуру древесины, изменяя ее параметры.

Научная новизна. Впервые установлена связь между параметрами элементов годичного слоя ели и комплексом гелиофизических, климатических и биологических факторов; внутренняя структура еловых древостоев по динамике радиального прироста в конкретных экологических условиях Марийского Заволжья с использованием метода дендроиндикации, а также проведен анализ изменений микроструктуры древесины, вызванных семеношением.

Обоснованность выводов обеспечивается экспериментальными исследованиями, выполненными с использованием современных методов изучения радиального прироста и строения древесины, широким применением методов математической статистики и математического моделирования. Для определения динамики прироста было измерено 54000 элементов макроструктуры. Глава, отражающая вопросы влияния репродуктивных процессов на параметры микроструктуры, является результатом более чем трехлетних исследований, проведенных лично автором, в течение которых было приготовлено 15000 препаратов и измерено более 100000 элементов микростроения.

Апробация. Основные положения исследований докладывались на II Международном симпозиуме «Строение, свойства и качество древесины – 96» 21-24 октября 1996 года (Москва, МГУЛ); ежегодных конференциях по итогам научно-исследовательских работ профессорско-преподавательского состава Марийского технического университета (Йошкар-Ола, 1996, 1997 гг.); V международной конференции «Циклы природы и общества» 12-19 октября 1997 года (Ставрополь, 1997); международной научно-практической конференции «Рациональное использование лесных ресурсов» 20-22 апреля 1999 года (Йошкар-Ола, 1999). По теме диссертации опубликовано 12 работ.

Личный вклад автора. Научное обоснование, программа и методика исследований, закладка пробных площадей, сбор экспериментального материала, проведение лабораторных работ, математическая обработка и анализ полученных данных выполнены лично автором.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, приложения. Общий объем диссертации 217 страниц, в том числе 18 таблиц, 83 рисунка, 25 страниц литературы, включающий 252 отечественных и 21 иностранных источников, 40 страниц приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы диссертационной работы, сформулирована её цель, научная новизна и положения, выносимые на защиту.

В первой главе дано состояние проблемы, анализ литературных источников и сформулированы задачи исследований. Годичный прирост древесины - это процесс, находящийся в сильной зависимости от многих факторов. Изучением влияния лесорастительных условий на прирост занимались: Г.Ф. Морозов (1904, 1970, 1971); И.С. Мелехов (1934, 1949); Л.М. Перелыгин (1954); В. Eklund (1957, 1958); А.А. Некрасова, Л.Н. Исаева (1987); И.В. Свидерская, Е.А. Ваганов (1987); В.И. Пчелин (1987; 1990); и др.; изучением влияния происхождения и генетических особенностей: А.Л. Веверис (1975); Н.В. Кречетова (1980); А.Я. Любавская (1977, 1982, 1990); М.М. Котов (1984, 1988, 1995, 1996); В.К. Ширнин (1990, 1999) и др.; влиянием климатических условий: Ф.Н. Шведов (1892); А.Н. Бекетов (1867, 1872); А.И. Тарасов (1968); А.А. Молчанов (1961, 1961а 1976, 1970); П.Б. Раскатов, В.М. Еремин (1972); Л.А. Кайрюкшис, А.И. Юодвалкис (1972); М.М. Котов (1973); Т.Т. Битвинскас (1974); С.Г. Шиятов (1970, 1986); К.А. Кудрявцев (1979); Г.Б. Гортинский (1969, 1973, 1990); А.Ф. Баранов (1982); Н.В. Ловелиус (1970, 1972, 1979), N.V. Lovelius (1997); О.И. Полубояринов (1980); Г.Ф. Антонова (1996); К.В. Краснобаева (1972, 1998) и др.; цикличностью годичных приростов и компонентов климата: С.И. Костин (1965); Г.Е. Комин (1970, 1978); С.Г. Шиятов (1972); А.Д. (1973); Т.Т. Битвинскас (1974); А.К. Панкратов, В.Я. Норманский (1975); В.Е. Рудаков (1985); Ф.З. Глебов, В.П. Черкашин, Г.Н. Мацулева (1986); В.С. Мазепа (1986); Г.И. Галазий (1987); Е.В. Дмитриева (1959, 1987); А.А. Максимов (1989); Ю.П. Демаков (1992); Я.М. Иванько (1995); В.Л. Барабанов (1995); А.И. Федоров, В.В. Черкасов (1996); Н.В. Ловелиус (1972а, 1979), и др.; влиянием репродуктивных процессов на годичный прирост: Н. Knuchel, W. Bruckmann (1930); Д. Хустич (1947); Д.Н. Данилов (1953); Э.Д. Лобжанидзе (1961); А.А. Молчанов (1961); Т.Т. Битвинскас (1966,

1974); П. Крамер, Т. Козловский (1983); П.Л. Горчаковский (1985); В.И. Воронин (1986); Н.А. Мартянов, А.А. Баталов (1990) и др.

В проанализированных работах основное внимание уделено ретроспективному восстановлению климатических параметров, хронологических дат исторических событий, динамике таксационных показателей. Наиболее полно изучены вопросы воздействия климатических факторов на параметры годичного прироста хвойных в крайних условиях произрастания методом корреляционного анализа. Данные работы носят локальный характер, результаты исследований порою противоречивы. В недостаточной степени освещены вопросы влияния семеношения на структуру годичного кольца. Работ по изучению микростроения годичного слоя в связи с семеношением ели не найдено.

Во второй главе приведены характеристики природных условий, пробных площадей, модельных деревьев и методика исследования. Марийское Заволжье расположено в восточной части Среднего Поволжья между $55^{\circ} 51'$ и $57^{\circ} 20'$ северной широты и $45^{\circ} 40'$ и $50^{\circ} 51'$ восточной долготы (от Гринвича). Исследования выполнены на объектах одного лесорастительного района, который относится к зоне смешанных лесов (Курнаев С.Ф., 1973) и расположен в восточной половине обширной левобережной Приволжской равнины. Рельеф местности характеризуется переходными формами от Моркинской возвышенности (южной части Марийско-Вятского вала) к обширной Марийской низменности и определяется наличием водоразделов рек Илеть, Ировка, Шора. Территория относится к Шоро-Илетскому почвенному району (Смирнов В.Н., 1953). Климат умеренно-континентальный (Шашко, 1967). Среднегодовая температура составляет $0,6 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$. Зима продолжительная холодная. Снежный покров в лесах лежит до 160 дней. Глубина промерзания грунта 60-90 см. Самый холодный месяц – январь, со среднемесячной температурой от -16°C до $-11,2^{\circ}\text{C}$. Весна бывает сухой и прохладной, лето – жарким. Продолжительность вегетационного периода со среднесуточной температурой воздуха $+5^{\circ}\text{C}$ составляет 148 дней, из них, 135 дней температура выше 10°C , с температурой 15°C – $55 \div 68$ дней. Суммы среднесуточных температур больше 0°C составляют от 1550°C до 2100°C , больше 10°C – 1550°C – 2500°C . Осень влажная и холодная. Территория отличается достаточным увлажнением – $500 \div 748$ мм. Преобладают юго-западные, западные и южные ветры, по силе, в основном, умеренные и слабые.

Закладка пробных площадей осуществлена в естественных древостоях в соответствии с требованиями ГОСТа 16128.-70, ОСТа 56-69-83. В период июня – июля 1993 года заложены две пробные площади размером по 0,2 га в распространенных типах леса: ельнике-кисличнике (I п.п.) и ельнике папоротниковом (липняке)(II п.п.) на территории Мор-

кинского и Семисолинского лесничеств Моркинского лесхоза республики Марий Эл. На территории Марий Эл елью в подобных условиях произрастания занята площадь 76,573 тыс. га. Типы леса определены в соответствии с указаниями И.С. Мелехова, (1980); А.Р. Чистякова, А.К. Денисова, (1959).

Таксационная характеристика древостоя определена с учетом требований ОСТ 56.96.83. Отобрано по двадцать деревьев с каждой пробной площади одного диаметра и высоты с одинаковыми морфологическими признаками, которые составляют большинство в древостое (II бонитета). Учтено расстояние между деревьями. Пороки ствола при выборе модельных деревьев и скрытые пороки древесины определены по признакам, описанным в работах И.А. Алексеева, (1963), О.И. Полубояринова, В.А. Соловьева, (1980).

Образцы (керны) выбраны возрастным буравом на высоте 1,3 метра от корневой шейки (1,3 м) и на половине высоты ствола (15 м), с южной, северной, западной и восточной сторон. Места выборки кернов с четырех сторон намечались в различных точках по высоте ствола в пределах 10–15 см, для снижения травмирования растения. Отверстия промазывались и закрывались садовым варом. Показатели макростроения определены с учетом требований ГОСТ 16483.18 – 72. Приготовление препаратов и измерение элементов микростроения проводилось с учетом указаний А.А. Яценко-Хмелевского (1954, 1961), Е.С. Чавчавадзе (1979), O'Brien, P.Terence, E.Margareth, (1981). Определены: количество ранних и поздних трахеид в радиальном ряду, их длина, толщина клеточных стенок и размеры полостей (диаметры); ширина и высота простых и веретеновидных древесинных лучей, их густота; диаметры смоляных ходов и количество клеток эпителия, размеры пор. При увеличении в 56, 80, 120 раз осуществлялся предварительный осмотр препарата, определялось количество элементов; при увеличении в 280, 400, 600 раз - размеры анатомических элементов.

Годы обильного (по Капперу, 1936) семеношения определены по данным отчетов о сборе семян и урожайности. Такой учет в лесхозе проводится с 1960 года. За период с 1960 по 1993 год в данном районе выделено 7 урожайных лет. В основу погодных характеристик взяты метеорологические показания по метеостанции поселка Морки, ближайшей к объектам исследования (в пределах 30 км). Данные по солнечной активности предоставлены лабораторией МГУ.

Экспериментальные материалы обрабатывались общепринятыми статистическими методами (Дворецкий, 1954; Иберла, 1980; Харламов, Башина, и др., 1997; Зайцев, 1984; Плохинский, 1980; Гольдберг, Коз-

лов, 1985; Zhigalsky, 1992) в программной среде Microsoft EXCEL 97, Stat Soft Inc STATISTICA 95, USA; Manugistic Inc. STATGRAPHICS.

В третьей главе анализируется изменчивость прироста зон годичных колец, приводится сравнительный анализ структуры древесины относительно сторон света, определяется степень сходства динамических рядов годичного радиального прироста модельных деревьев, влияние возраста на динамику прироста. Мы можем судить об адаптивной реакции древесного организма на протяжении всего его онтогенеза только по изменчивости функциональных параметров тех или иных структурных элементов ксилемы, обеспечивающих в данный период при сложившихся условиях оптимальный рост и существование. Амплитуда изменчивости прироста характеризует потенциал дерева и степень его чувствительности к воздействующим факторам. Расчеты показали, что модельные деревья характеризуются определенным индивидуальным диапазоном изменчивости величины годичного прироста в целом и величины поздней и ранней зон (табл. 1) в зависимости от условий вегетационного периода. Максимальные или минимальные значения варьирования ширины годичного кольца и поздней древесины на высоте 1,3 метра на протяжении изучаемого периода чаще принадлежат одному дереву. Изменчивость данных признаков по высоте ствола у каждого дерева различна, её максимумы и минимумы приходятся на разные годы. Изменчивость показателей макростроения в ельнике-кисличнике существенно выше, чем в ельнике папоротниковом.

Таблица 1

Распределение количества модельных деревьев по коэффициентам изменчивости радиального прироста

Пробная площадь	Зона кольца	Высота, м	Количество модельных деревьев (%), коэффициент изменчивости (%) которых находятся в пределах				
			10+20	20,1+30	30,1+40	40,1+50	свыше 50
I	ранняя зона	1,3	-	10	20	15	55
		15	-	15	15	-	69
	поздняя зона	1,3	-	5	10	35	50
		15	-	8	8	23	61
II	ранняя зона	1,3	5	35	45	10	5
		15	-	15	30	20	35
	поздняя зона	1,3	15	40	25	10	10
		15	-	65	30	5	-

При сравнительном анализе структуры древесины каждого модельного дерева относительно сторон света обнаружено: 10 % модельных деревьев с каждой пробной площади абсолютно асимметричны ($r=0,000\pm0,380$) по всей высоте ствола; 5 % - имеют очень высокую (по Соколову, Черных, 1990) сходную динамику приростов ($r=0,913\pm0,977$), причем, на половине высоты ствола значения коэффициентов корреляции выше; 35 % деревьев I п.п., и 30 % деревьев II п.п. имеют высокую

степень сходства ($r = 0,710 \div 0,900$); 15 % деревьев I п.п и 15 % деревьев II п.п. - значительную ($r = 0,510 \div 0,700$); остальные деревья имеют незначительное сходство приростов, в условиях I п.п. это 35 % деревьев, а в условиях II п.п. - 40 % деревьев. Наиболее схожа динамика прироста между южной и восточной сторонами ствола (коэффициент корреляции имеет наибольшее значение более чем у 50 % деревьев по каждой пробной площадке); наименьший коэффициент корреляции между приростами севера и юга, юга и запада. При сравнении изменчивости приростов наибольший коэффициент вариации у особей I п.п. с северной стороны, как на высоте 1,3м (55,2 %) так и на высоте 15м (56,64%), наибольший средний прирост на 1,3м так же с северной стороны. В условиях II п.п. наибольшая изменчивость приростов по обоим сечениям с юга при максимальных приростах с восточной стороны.

Между приростами ранней и поздней древесины в годичных слоях елей I п.п. существует высокая связь ($r_{15} = 0.718$; $r_{1,3} = 0.732$), в то время как у елей II п.п. подобная связь умеренная ($r_{15} = 0,467$; $r_{1,3} = 0,442$).

В результате кластерного анализа (Ким, Мюллер, и др., 1989) в каждом древостое выделены кластеры (группы), объединяющие деревья со сходными возрастными тенденциями прироста. В условиях I п.п. выявлены две группы деревьев (рис. 1). Кластер IA включает особи, имеющие сходные тенденции возрастных изменений, на долю которых приходится до 82,4 % дисперсии прироста. Кластер IB составляют деревья, отличающиеся индивидуальными особенностями возрастных изменений ($r^2 = 40,44 \% \div 89,1 \%$). Общие тенденции приростов сохраняются и по высоте ствола.

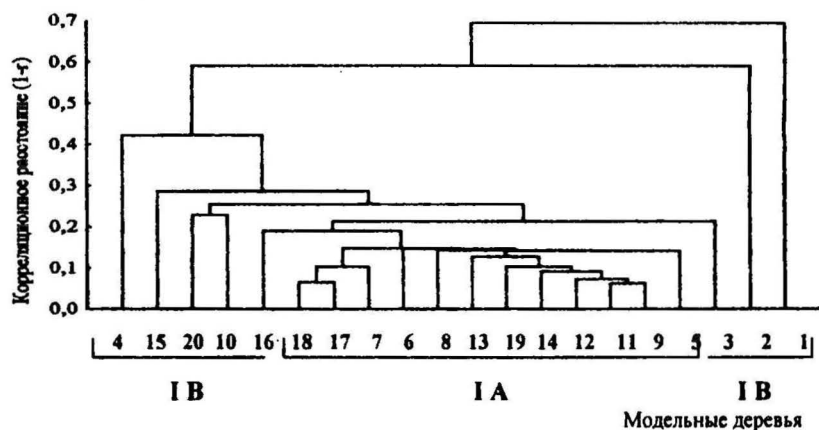


Рис. 1. Дендрограмма кластерного объединения модельных деревьев сльника-кисличника по динамике радиального прироста.

В условиях II п.п. структура древостоя (рис.2) представлена четырьмя кластерами. Объясненный процент дисперсии прироста деревьев для кластеров находится в пределах 66%÷77%. Кластер II D составляют особи с индивидуальными особенностями. В табл. 2 приведены статистические характеристики коэффициентов парных корреляций модельных деревьев, образующих кластеры. На половине высоты ствола дифференцирование модельных деревьев на кластеры стирается, кроме группы, отличающейся индивидуальными особенностями. Возрастные изменения выявлены и по приростам ранней и поздней древесины. Влияние возраста на эти структурные элементы дифференцировано по кластерам.

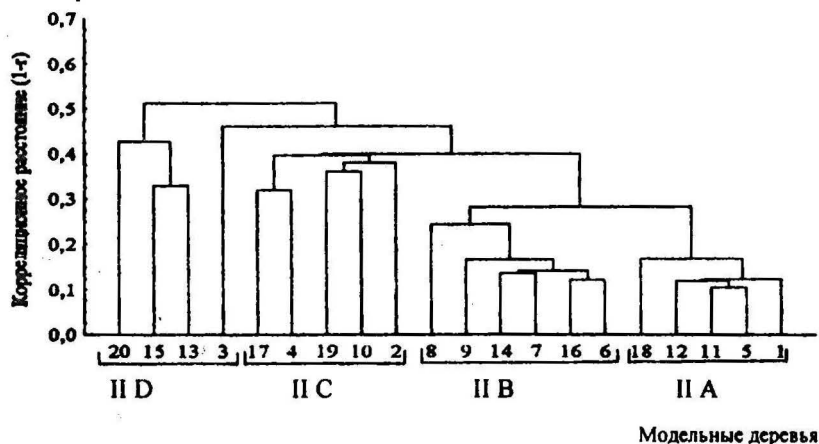


Рис.2. Дендрограмма кластерного объединения модельных деревьев ельника папоротникового по динамике радиального прироста.

Таблица 2
Статистические характеристики коэффициентов парных корреляций

Пробная площадь	Кластер	Значения статистических показателей						
		X	m _x	min	max	E	A	V, %
I	IA _{1,3м}	0,788	0,011	0,554	0,938	-0,110	-0,654	11,3
	IA _{15м}	0,693	0,019	0,423	0,911	-0,821	-0,156	2,59
II	IIA _{1,3м}	0,823	0,019	0,719	0,897	-0,504	-0,657	7,18
	IIB _{1,3м}	0,787	0,017	0,672	0,880	-0,605	-0,512	8,32
	IIC _{1,3м}	0,509	0,038	0,296	0,679	-0,807	-0,151	23,9
	IIABC _{15м}	0,832	0,008	0,483	0,964	2,414	-1,453	1,14

Радиальный прирост древесины включает в себя: тренд (долговременные изменения ширины годичного слоя, обусловленные возрастом); приросты, величины которых находятся под влиянием изменений состояния дендрозеноза; приросты, контролируемые изменениями климатических факторов. В качестве моделей временного ряда - трендов ис-

пользованы: модифицированная крупно-волновой компонентой первая производная (2) формулы Митчерлиха (1), адекватно описывающая возрастные изменения радиальных приростов и отражающая долговременные изменения внутриценотических отношений, а также имеющая наилучшее «биофизическое обоснование» (Кивисте А.К., 1988; Демаков Ю.П., 1999), полином шестой степени для модельных деревьев кластера II D.

$$y = a[1 - \exp(-kx)]^b + m, \quad (1)$$

$$y' = kab[1 - \exp(-ax)]^{b-1} \exp(-ax) + m, \quad (2)$$

где y – прирост; x – возраст; m – крупноволновая компонента; k , a , b – параметры функции.

На рисунках 3, 4, 5 представлены графики моделей тренда, характерные для кластеров IA, IIA, IIB.

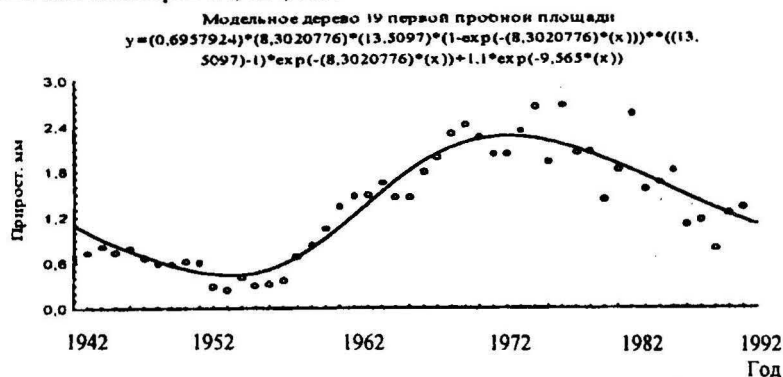


Рис.3. Модель тренда модельного дерева кластера IA.

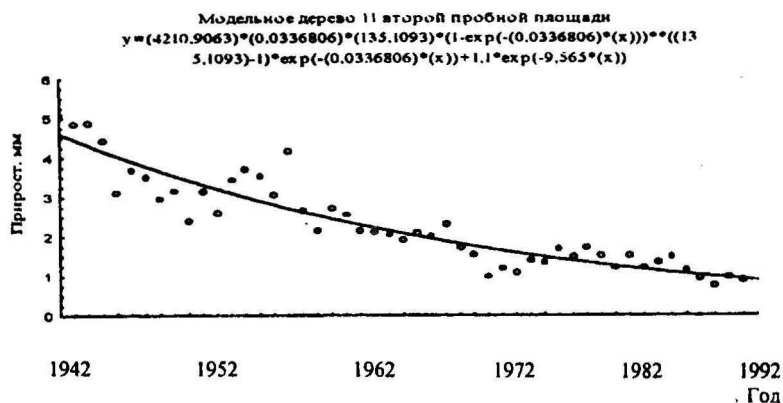


Рис.4. Модель тренда модельного дерева кластера II A

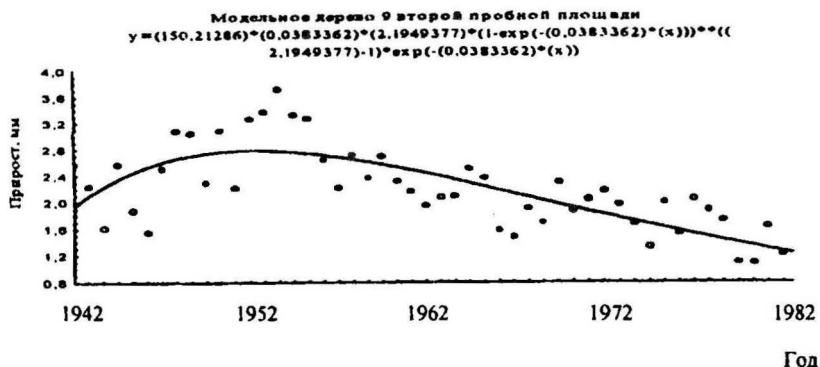


Рис. 5. Модель тренда модельного дерева кластера II В

В результате выполненных расчетов установлено, что возраст в среднем по кластеру I А объясняет до 67,56% прироста ранней древесины и 64,37% прироста поздней древесины модельных деревьев; по I В - 53,86% и 54,92%; по II А - 73,25% и 65,064%, по II В - 66,79% и 60,8%, по IС - 49,72% и 57,33%, по II D - 31,86% и 51,38% соответственно.

В четвертой главе рассчитываются и анализируются индексы прироста, их изменчивость, цикличность; выделяются группы деревьев, имеющие сходный «отклик» на комплекс внешних воздействий; анализируются гелиофизические, климатические факторы; результаты корреляционного, множественного регрессионного анализа; приводится оценка восприимчивости древесными растениями воздействующих факторов.

Климатические составляющие прироста рассчитываются как вариабельность этого признака, относительно выделенного многолетнего тренда, позволяющего исключить фактор возраста и внутриценотические изменения. Индексы прироста рассчитываются путем деления абсолютной величины прироста за каждый год на значение прироста за тот же год, рассчитанное по уравнению тренда. Индекс отражает изменчивость приростов в относительных безразмерных величинах (Адаменко, 1972; Битвинкас, 1974; Мазепа, 1982; Шиятов, 1973; Ловелиус, 1979).

Изменчивость индексов прироста деревьев I п.п. по вегетационным периодам значительна (табл. 3). Средний коэффициент вариации по всему годичному кольцу составляет 24,65 % (от 10,53 % в 1969 г. до 56,43 % в 1955 г.); по ранней зоне - 31,95 % (от 11,96 % в 1967 г. до 89,85 % в 1944 г.); по поздней зоне - 33,88 % (от 13,15 % в 1964 г. до 73,58 % в 1958 г.).

Анализ матрицы парных корреляций свидетельствует о слабой и умеренной связи индексов прироста модельных деревьев I п.п.

В результате спектрального анализа индексов прироста елей I п.п. выявлены наиболее характерные циклы прироста: 6 - 7 лет - у 45% де-

реев по индексам приростов всего годичного кольца, у 20% деревьев по ранней зоне и у 30% деревьев по поздней зоне; 16 лет – у 40% деревьев по всему годичному кольцу, у 35% деревьев по ранней зоне, у 40% деревьев по поздней зоне; для приростов всех деревьев характерен период в 10-12 лет, имеющий меньшую весомость.

Таблица 3

Количество модельных деревьев (%) первой пробной площади в зависимости от уровня изменчивости (%) индексов прироста

Зона кольца	Количество модельных деревьев (%), коэффициент изменчивости индексов которых находится в пределах				
	10÷20	20,1÷30	30,1÷40	40,1÷50	свыше 50
ранняя	10	45	15	15	15
поздняя	10	15	35	15	25

В результате кластерного анализа индексов прироста елей I п.п. выделено 7 групп деревьев (рис. 6), имеющих сходный «отклик» на комплекс внешних воздействий: кластер I F образуют 15% деревьев ($r=0,632\pm0,725$), кластер I K - 20 % деревьев ($r=0,512\pm0,715$), кластер I L - 15 % деревьев ($r=0,500\pm0,595$), кластер I M - 10 % деревьев ($r=0,463$), кластер I N - 10 % деревьев ($r=0,200$), кластер I O - 15% деревьев ($r=0,577\pm0,906$), кластер I P - 15% деревьев ($r=0,337\pm0,547$).

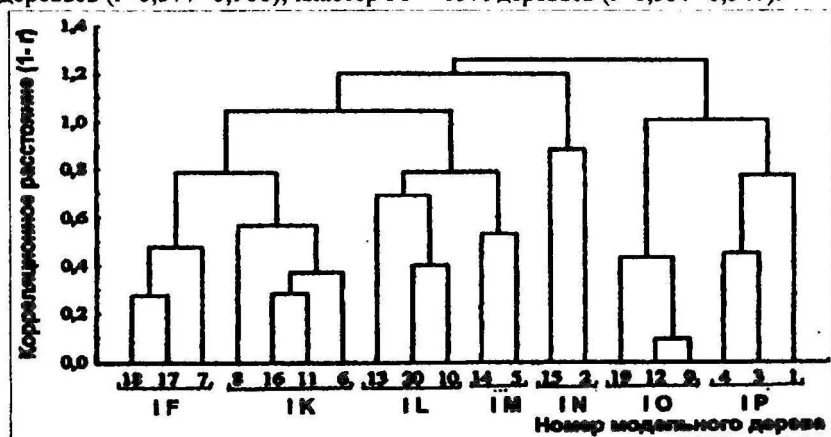


Рис.6. Дендрограмма кластерного анализа индексов модельных деревьев ельничника

Изменчивость индексов прироста II п.п. по вегетационным периодам годичного кольца в среднем по модельным деревьям составляет 14,17% (от 6,15% в 1966 г. до 25,59% в 1990 г.); по ранней зоне - 17,7% (от 11,55% в 1960 г. до 31,08% в 1961 г.); по поздней зоне - 20,896% (от 12,36% в 1966 г. до 38,77% в 1990 г.). Процентное соотношение модель-

ных деревьев II п.п. в зависимости от уровня изменчивости индексов прироста представлено таблице 4.

Таблица 4

Количество модельных деревьев (%) второй пробной площади в зависимости от уровня изменчивости (%) индексов прироста

Зона кольца	Количество модельных деревьев (%), коэффициент изменчивости индексов которых находится в пределах				
	10+20	20,1+30	30,1+40	40,1+50	свыше 50
ранняя	35	65	-	-	-
поздняя	20	55	25	-	-

В результате спектрального анализа индексов прироста всего годичного кольца установлено, что самым весомым периодом является период 6-7 лет для 45% деревьев, по приростам ранней древесины эта периодичность наиболее весома для 25% деревьев, по приростам поздних зон - для 10% деревьев. Для всех деревьев характерен период продолжительностью 10-12 лет и для 25% деревьев по приростам поздней древесины он наиболее весом; а также менее весомые периоды продолжительностью 2-3 года. При кластерном анализе индексов прироста годичных колец выделено 5 кластеров (рис.7), которые объединяют деревья, имеющие сходный «отклик» на комплекс внешних воздействий: кластер IIF включает 15% деревьев ($r=0.196 \div 0.361$), кластер ИК - 25% деревьев ($r=0.575 \div 0.790$), кластер ИЛ - 20% деревьев ($r=0.498 \div 0.590$), кластер ИМ - 20% деревьев ($r=0.519 \div 0.715$), кластер ИН - 20% деревьев ($r=0.246 \div 0.614$).

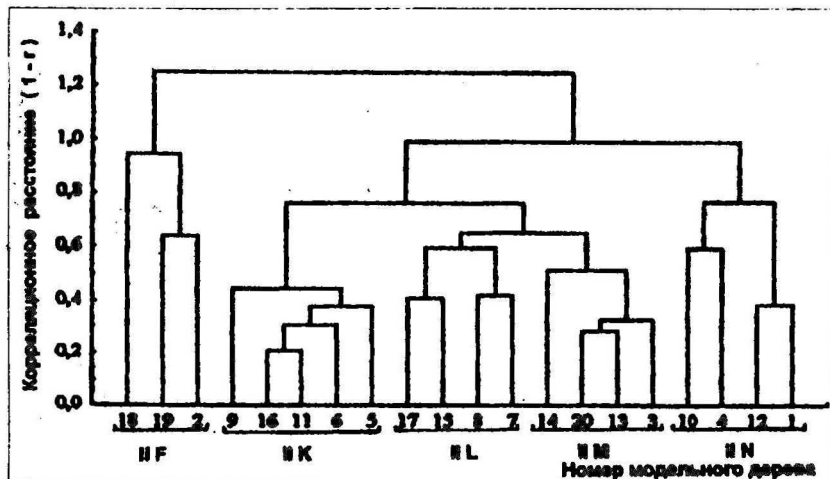


Рис. 7. Дендрограмма кластерного анализа индексов прироста модельных деревьев сельника папоротникового

Наиболее важными характеристиками климата, оказывающими влияние на дендроценозы в условиях Среднего Поволжья, считаются: средние температуры месяцев вегетации, суммы температур (Σt), суммы осадков, влажность воздуха, а также Солнечная активность (выраженная числами Вольфа). В активности Солнца выделяются наиболее весомые на изучаемом временном отрезке 11-ти летние периоды, и периоды продолжительностью в 5,5 лет, 7,3 года и 22 года, имеющие меньший вес.

Коэффициент варьирования среднемесячных температур находится в диапазоне от 10% в июле до 75% в октябре. Большие коэффициенты вариации приходятся на осенние, зимние и весенние месяцы. В пределах мая(5), июня(6), июля(7), августа(8), сентября(9) коэффициент вариации изменяется не более чем на 7%. Самым теплым месяцем года является июль ($t_{cp}=18,23^{\circ}\text{C}$), холодным – январь ($t_{cp}=-12,95^{\circ}\text{C}$), а из месяцев вегетационного периода – сентябрь ($t_{cp}=10^{\circ}\text{C}$), май ($t_{cp}=12,03^{\circ}\text{C}$). Выявлена 2,6; 4; 8-8,66-летняя периодичность среднемесячных температур. Периоды в $2\pm 0,5$ лет характерны для всех месяцев года, но имеют различную весомость. Наиболее весомы они в январе, октябре, апреле, августе. Периоды в $4\pm 0,5$ лет характерны для января, марта, июня, июля, августа, ноября. При этом максимальный вес они имеют в мае и сентябре. Периоды в $8\pm 0,5$ лет наиболее весомы для февраля, июня, июля, ноября и декабря. Результаты корреляционного анализа индексов прироста и параметров температуры представлены в табл. 5.

Коэффициент варьирования суммы осадков за все месяцы года находится в пределах от 40% в ноябре до 64,06% в мае. Наименьший коэффициент варьирования (21%) - у суммы осадков за осенне-зимний период гидрологического года, предшествующего периоду вегетации, средняя сумма осадков которого по годам изучаемого отрезка времени жизни дерева составляет 236,3мм (min–139мм, max–356,4мм). При выявлении периодичности осадков установлено, что наиболее значимым является период 6,5 лет (март, июнь, сентябрь, октябрь, ноябрь). Для суммы осадков месяцев активной вегетации (май + август) периодичность равна соответственно: 2,3; 6,4; 5,3; 2 года.

Коэффициент вариации показателя влажности воздуха очень мал в сравнении с предыдущими климатическими факторами и находится в пределах от 3,7% (декабрь) до 20,8% (февраль). За месяцы вегетации средний коэффициент вариации влажности воздуха изменяется незначительно - в пределах 1,5% (от 9,48% в мае до 8,22% в июле). Наибольшая влажность воздуха в августе (73,24 %); наименьшая – в мае (60,87%). Наиболее значимым является период 2,1 года для влажности воздуха апреля, мая, июля и 6,5 лет для июня; для февраля, марта, ноября и декабря наиболее весом период в 8,6 года.

Таблица 5

Влияние температурных характеристик на радиальный прирост
модельных деревьев

Пе- риод года	Первая пробная площадь							
	текущий год				предыдущий год			
	ранняя зона		поздняя зона		ранняя зона		поздняя зона	
	кол-во мд, %	r	кол-во мд, %	r	кол-во мд, %	r	кол-во мд, %	r
Σt (5÷8)	15 5	0,3±0,48 -0,417	15 10	0,31±0,36 0,54±0,55	35	0,3±0,47	10 35	0,52±0,62 0,3±0,64
$t_{\text{св}}$	10	0,3±0,34	5	-0,317	-	-	-	-
$t_{\text{св}}$	25 5	0,3±0,43 -0,43	15 10	0,3±0,45 0,51±0,52	30 15	0,31±0,5 0,51±0,54	45 20	0,34±0,49 0,53±0,57
$t_{\text{св}}$	5	0,386	10 10	0,3±0,33 0,54±0,59	15	0,34	20	0,39±0,45
$t_{\text{св}}$	5	-0,31	30 10	0,31±0,39 0,5±0,56	20	0,3±0,41	20	0,3±0,47
$t_{\text{св}}$	20	0,3±0,43	-	-	10 10	-0,35±0,4 0,32±0,36	15	-0,3±0,35
вторая пробная площадь								
Σt (5÷8)	35 15	0,3±0,45 0,52±0,53	35 15	0,3±0,4 0,51±0,57	75 5	0,31±0,47 0,56	20 20	0,33±0,44 0,5±0,56
$t_{\text{св}}$	5	0,37	5	-0,301	-	-	-	-
$t_{\text{св}}$	40 15	0,33±0,5 0,52±0,65	35	0,32±0,47	50 10	0,32±0,44 0,51±0,63	54 25	0,31±0,43 0,51±0,56
$t_{\text{св}}$	15	0,32±0,35	45 5	0,31±0,48 0,544	30	0,31±0,46	25	0,3±0,474
$t_{\text{св}}$	5	0,361	45	0,36±0,48	35 10	0,31±0,49 0,5±0,52	10 5	0,3±0,38 0,503
$t_{\text{св}}$	5	0,333	10	0,31±0,43	15	-0,3±0,39	10	-0,3±0,4

Ни один внешний фактор сам по себе не определяет существование и рост растения. Воздействие комплекса внешних факторов на прирост древесины в годичном кольце елей определялось методом множественного регрессионного анализа, то есть устанавливалась зависимость значений индексов прироста Y (зависимая переменная) от факторов X_1, X_2, \dots, X_m (факторные переменные – метеорологические показатели текущего и предыдущего года, Солнечная активность, а также приросты ранней (р.д.) и поздней (п.д.) древесины текущего и предыдущего года). Влияние климатических факторов на радиальный прирост р.д. и п.д. нашло оптимальное выражение в мультипликативном типе модели (3), где факторные и результативные признаки выражены для сопоставимости в одинаковых единицах, что позволило выявить величину влияния факторной нагрузки на зависимую переменную (Общая теория статистики /Под ред. П.А. Спирина, 1997). Полученные модели индексов прироста значимы на 97 % уровне, их характеристики представлены в таблице 6.

$$Y = a * X_1^{a_1} * X_2^{a_2} * \dots * X_i^{a_i}, \quad (3)$$

где a_i - коэффициент регрессии при X_i факторе ($i=1 \div m$) - искомые параметры; m - число факторных признаков.

Таблица 6

Характеристика моделей индексов прироста

Кластер	Зона кольца	Характеристика моделей					
		R	R ²	ошибка	DW	F	P
I F	ранняя	0.872	76.107	0.0622	1.74	3.19	0.0277
	поздняя	0.958	91.759	0.0728	1.891	9.42	0.0004
I K	ранняя	0.771	59.368	0.0850	2.15	5.55	0.0026
	поздняя	0.822	67.548	0.1200	2.37	7.49	0.0006
I L	ранняя	0.995	99.053	0.0200	1.67	80.49	0.0000
	поздняя	0.965	93.169	0.0697	1.98	12.50	0.0001
I M	ранняя	0.960	92.212	0.0476	1.96	18.42	0.0001
	поздняя	0.956	91.356	0.0730	1.86	25.67	0.0000
I N	ранняя	0.976	95.276	0.0713	2.40	8.82	0.0036
	поздняя	0.849	72.039	0.0798	2.17	6.25	0.0010
I O	ранняя	0.980	96.082	0.0389	2.9	12.26	0.0006
	поздняя	0.966	93.419	0.0589	1.2	12.01	0.0001
I P	ранняя	0.970	94.085	0.0667	2.3	14.57	0.0000
	поздняя	0.934	87.269	0.1190	2.17	4.90	0.0079
II F	ранняя	0.886	78.550	0.0736	2.07	13.19	0.0000
	поздняя	0.983	96.581	0.0269	1.66	19.95	0.0001
II K	ранняя	0.979	95.879	0.0389	1.39	23.26	0.0000
	поздняя	0.937	87.807	0.1050	1.56	36.01	0.0000
II L	ранняя	0.916	83.814	0.0629	1.76	12.58	0.0000
	поздняя	0.933	86.989	0.0744	1.99	5.66	0.0034
II M	ранняя	0.9614	92.430	0.0555	1.58	11.19	0.0002
	поздняя	0.9760	95.258	0.0486	1.91	5.29	0.0369
IIN	ранняя	0.994	98.824	0.0182	2.4	16.81	0.0071
	поздняя	0.883	77.974	0.0965	1.7	5.9	0.0014

Из анализа результатов следует, что для формирования р.д. и п.д. в условиях I п.п. чаще всего важны параметры месяцев вегетации текущего года, такие как влажность воздуха, температура. Для формирования р.д. - также осадки текущего и предыдущего года; для п.д. - температура и осадки предыдущего года. По силе факторной нагрузки наибольшее значение для формирования р.д. имеют влажность воздуха июля (для деревьев кластеров I F, I M, I O, I P), влажность воздуха мая текущего года (I L) и влажности воздуха июля предыдущего года (I K, IN). Приросты древесины предыдущего года также значимы для деревьев всех кластеров, но факторная нагрузка их различна и чаще на несколько порядков ниже максимальной. Для п.д. параметры влажности воздуха так же несут максимальную факторную нагрузку. Для деревьев

кластеров I M, I N, I F и I P это соответственно влажность воздуха июля и сентября, июля, сентября, августа текущего года; для представителей кластеров I L и I O - это влажность воздуха августа, июня предыдущего года. Параметры предыдущего прироста значимы для деревьев всех кластеров, кроме I K, I L, I M, у которых большое значение для формирования поздних трахеид играют приросты ранней зоны текущего года, а для I K этот параметр является определяющим. Факторная нагрузка Солнечной активности различна и слабее, чем от параметров влажности, значима в моделях приростов р.д. деревьев кластеров I N, I O, I P и в модели прироста п.д. деревьев кластера I N. На рис. 8, 9 представлены диаграммы факторной нагрузки, влияющей на приросты модельных деревьев кластера I F.

Для елей сформированных в условиях II п.п., на приросты р.д. и п.д. оказывают влияние чаще всего погодные факторы текущего года. Влажность воздуха июня, августа и июня предыдущего года – наиболее важные факторы по силе воздействия для приростов р.д. деревьев кластеров II L, II M, II K. Для приростов п.д. наиболее важными факторами по силе воздействия являются – влажность воздуха августа (кластер II F), июля (II M), сентября (II N), июля предыдущего года (II L), температура июля (II K). Приросты предыдущего года также значимы в моделях, но только для приростов р.д. деревьев кластера II F этот параметр наиболее существенен.

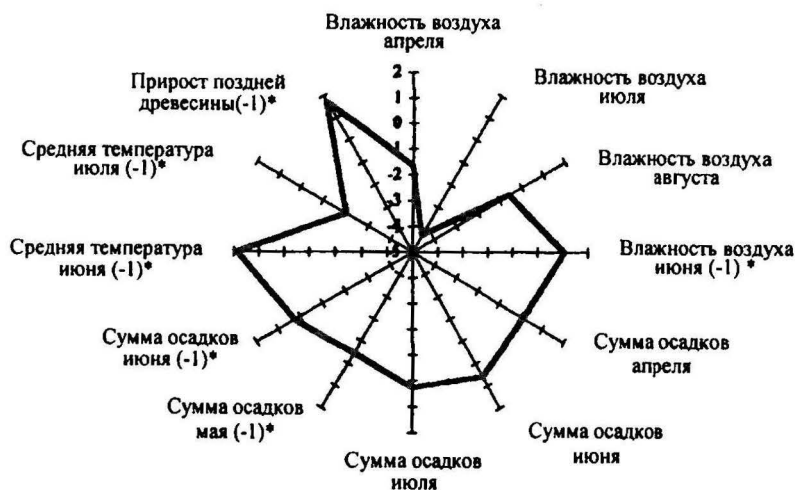


Рис. 8. Диаграмма факторной нагрузки прироста ранней древесины деревьев IF кластера. (-1)* - показатель предыдущего года.

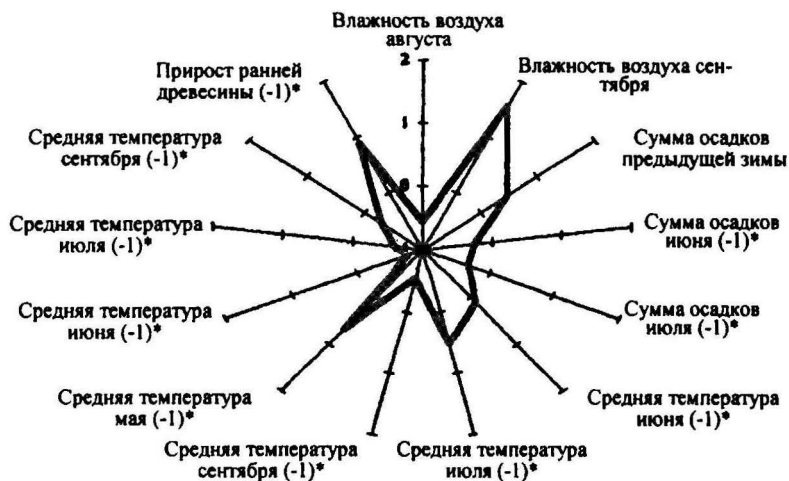


Рис. 9. Диаграмма факторной нагрузки прироста поздней древесины деревьев IF кластера. (-1)* - показатель предыдущего года.

Параметры Солнечной активности значимы в модели прироста р.д. деревьев кластера II К и в моделях прироста п.д. деревьев кластеров II F и II М.

В пятой главе дана общая характеристика репродуктивной структуры ели, характеристика макро- и микроструктурных признаков древесины в связи с семеношением, анализ гелиофизических, климатических условий. Происходит уменьшение прироста елей II п.п. в урожайный год на 4,5 % по сравнению с предыдущим в среднем по урожайным периодам, и в последующий год - на 9,4%. У елей III п.п. аналогичные изменения составляют 9,44% и 11,14%.

Из анализа изменений прироста ранней и поздней древесины следует, что у елей I п.п. происходит снижение прироста р.д. в урожайный год по сравнению с предыдущим на 2,97% и в последующий год на 6,098%; п.д. - на 1,2% и на 0,904% соответственно. У деревьев III п.п. уменьшение приростов р.д. происходит на 15,55% и на 13,08%, п.д. - на 7,6% и на 5,2% соответственно.

В годы семеношения в условиях ельника-кисличника наблюдается уменьшение толщины стенок ранних трахеид в радиальном направлении до 2.1мкм на высоте 1.3 м и до 1.5мкм на высоте 15м или на 19.2% и 21% соответственно. Изменения просвета ранних трахеид достигают 10мкм (1.3м) и 30.9мкм (15м) или 28.4% и 15.8%. Толщина стенок клеток и размер просвета поздних трахеид практически не меняются (4% и 2.6%). Изменения размеров длины трахеид в связи с репродуктивной нагрузкой не обнаружено. Внутри годичных слоев общим является

большая длина поздних трахеид по сравнению с ранними. С увеличением возраста дерева уменьшается соотношение между количеством поздних и ранних трахеид за счет уменьшения ранних (за 40 лет – от 1/9 до 1/3). Поровость свободно обиектоидная, в основном однорядная, равномерная.

В условиях ельника папоротникового толщина стенок ранних трахеид изменяется на 22% (1.3м) и на 23% (15м); размер просвета - на 12% и 6.8% соответственно; толщина стенок поздних трахеид - на 2.8% и 3.8%; размер просвета - на 4.9% и 4%. В год, следующий за урожайным, увеличивается количество паренхимных клеток на единицу площади за счет увеличения густоты древесинных лучей до 5.0 – 5.3 в 0.01 мм²; лучей со смоляными ходами – до 4.2 (1.3м) и до 5.5 (15м) в поле зрения микроскопа (при увеличении 7х40). Не установлено изменения размеров смоляных ходов, количества клеток эпителия и древесинных лучей (разница в средних размерах высоты луча – 1÷2 клетки или 28.7мкм).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Деревья, имеющие одинаковые морфологические характеристики, возраст, положение в древостое не одинаковы по изменениям радиального прироста с возрастом. Влияние возраста и внутриценотических отношений на формирование поздних зон годичного кольца меньше, чем на формирование ранних зон.

2. Внутри древостоя имеются деревья или группы деревьев, отличающиеся степенью восприятия климатических, гелиофизических и биологических факторов.

3. Характеристики влажности воздуха чаще всего оказывают наибольшее влияние на радиальный прирост ели в изучаемых условиях произрастания. При этом набор значимых для прироста факторов дифференцирован по кластерам и макроструктурным элементам годичного кольца, а также по величине факторной нагрузки.

4. Изменчивость ширины годичных колец деревьев в условиях ельника-кисличника на 20 % выше, чем в условиях ельника папоротникового по всей высоте ствола. Варьирование приростов с высотой ствола увеличивается и на уровне 15м разница достигает 10 %.

5. Между приростами ранней и поздней древесины у особей ельника-кисличника существует высокая корреляция по всей высоте ствола (0,718; 0,732). В условиях ельника папоротникового подобная связь умеренная (0,467; 0,442).

6. Приросты внутри ствола относительно сторон света асимметричны. Наиболее схожа динамика прироста между южной и восточной сторонами ствола. Изменения прироста ствола в целом целесообразно

оценивать, имея данные по приростам минимум в двух, некоррелируемых друг с другом, направлениях относительно сторон света (северная и южная или южная и западная стороны).

7. Каждое дерево отличается индивидуальными значениями изменчивости прироста, обусловленными влиянием климатических факторов. В условиях ельника-кисличника климатические факторы вызывают большую изменчивость индексов прироста, уменьшающуюся с возрастом, чем в условиях ельника папоротникового.

8. Радиальные приросты елей носят циклический характер. Наиболее характерны для всех модельных деревьев периоды в 2-3, 6-7, 10-12, 16 лет. Однако их весомость для каждого древесного растения различна.

9. На фоне повышения активности Солнца продуктивность ельников Среднего Поволжья в кисличниковом и папоротниковом типах леса увеличивается.

10. Репродуктивная активность елей не носит строгой периодичности и чаще проходит на фоне одинакового уровня Солнечной активности (58÷76).

11. В урожайные годы наблюдается снижение прироста в среднем по пробным площадям на 4,5% ÷ 9,44% и в последующий год на 9,4% ÷ 11,14% за счет уменьшения количества ранних трахеид, а также уменьшения размеров поперечного сечения трахеид. В годы, следующие за урожайными, увеличивается количество паренхимных клеток на единицу площади.

Полученные результаты изучения биологии ели могут быть использованы при решении селекционных, лесоводственных, древесиноведческих, экологических задач, при мониторинге и прогнозировании состояния ельников, использоваться в программах обучения студентов.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. *Кречетова Н.В., Демитрова И.П.* Некоторые особенности строения древесины ели в связи с семеношением: Материалы конференции проф-ко – препода-ого состава МарГТУ 27-31 мая 1996 года. – Йошкар-Ола, 1996. -Вып.2. – Часть 2. – С.142-143.
2. *Демитрова И.П.* Анатомия древесины ели в связи с семеношением: Труды II Международного симпозиума «Строение, свойства и качество древесины – 96» 21-24 октября 1996г. - М.: МГУЛ, 1996.- С.69-72.
3. *Демитрова И.П.* Анатомическое строение и некоторые физические характеристики древесины ели в различных типах лесорастительных условий //Материалы юбилейной научной конференции 27-31 мая 1997 г. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. – Вып. 5. – Часть II. - С. 9-11.

4. *Кречетова Н.В., Демитрова И.П.* Цикличность прироста и семеношения в связи с динамикой солнечной активности //Материалы юбилейной научной конференции 27-31 мая 1997 г. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. – Вып. 5. – Часть II. – С. 136-137.
5. *Демитрова И.П.*, Цикличность прироста и семеношения ели. //Материалы V международной конференции «Циклы природы и общества» посвященной 100- летию со дня рождения А.Л.Чижевского 12-19 октября 1997. Часть 2. - Ставрополь: Изд-во Ставропольского университета, 1997. - С.177-179.
6. *Демитрова И.П.* Изменчивость радиального прироста ели // Современные проблемы лесопромышленного комплекса Волго-Вятского региона: Сборник научных трудов МарГТУ, Вып. 1. /Отв. ред. Ю.А.Ширнин – Йошкар-Ола, МарГТУ, 1998. -С.12-13.
7. *Демитрова И.П.* Изменчивость радиального прироста елей. Статья депонированная ВИНИТИ В – 98 № 2737 От 03.09.98 г. Йошкар-Ола: сб. науч. тр., МарГТУ, 1998.
8. *Демитрова И.П., Таланцева Т.А., Айгильдина Н.В.* Структурная изменчивость прироста.//Рациональное использование лесных ресурсов:Материалы международной научно-практическойконференции, посвященной 80 летию со дня рождения Ю.Я. Дмитриева 20-22 апр. 1999 г./Отв. ред. Ю.А.Ширнин. - Йошкар-Ола, МарГТУ, 1999. –С.52.
9. *Демитрова И.П.* Внутривидовая изменчивость ели сибирской по радиальному приросту//Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: Материалы II Всероссийской научной конференции (с международным участием) 8-9 декабря 1999г. / Красноярск: СибГТУ, 1999. - С. 37-38.
10. *Демитрова И.П., Кречетова Н.В.* Влияние семеношения ели на параметры радиального прироста// Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: Материалы II Всероссийской научной конференции (с международным участием) 8-9 декабря 1999г. / Красноярск: СибГТУ, 1999. - С. 5-6.

ЛР №020302 от 18.02.97г. ПЛД № 2018 от 06.10.99г.

Подписано в печать 21.04.2000г. Формат 60x84/16

Усл. п. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 1991.

ООП МарГТУ. 424006. Г. Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

